

Damit läßt sich nachweisen, wie bei zweckmäßiger Verwendung höherer Kosten für die vorbeugende Instandhaltung — also für Wartung, Pflege und Überprüfung der Technik — der Verschleiß und damit der Aufwand für Instandsetzungen (Reparaturen) geringer wird und die Gesamtkosten für die Instandhaltung fallen (Bild 4).

Mit der Einführung der Kostenplanung und -abrechnung der Maschinen und der Aufgliederung der Gesamtkosten nach Kostenarten wurden gleichzeitig Voraussetzungen geschaffen, den sozialistischen Wettbewerb der Traktoristen und Brigaden zu führen.

Die konkreten, abrechenbaren Kennziffern bieten Möglichkeiten zur Anwendung ökonomischer Stimuli, wie z. B. Führung persönlicher Konten der Traktoristen für eingesparten Treibstoff, Instandsetzungskosten, Reifen, Batterien u. a. Dazu werden Verträge zwischen dem Vorsitzenden der LPG „Vorwärts“ Drebach und den Traktoristen abgeschlossen.

Ergebnis dieser jahrelangen systematischen Leitungstätigkeit war das ständige Absinken der absoluten Instandhaltungskosten in der LPG „Vorwärts“ Drebach.

Um einen Maßstab sowie Bewertungs- und Vergleichsmöglichkeiten der absoluten Instandhaltungskosten zu haben, bedient man sich in der LPG „Vorwärts“ Drebach der bisher gebräuchlichen und bekannten Bezugsbasen:

- a) Entwicklung der Instandhaltungskosten und des Wertes der Technik, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche (Bild 5);
- b) Instandhaltungskosten bezogen auf das landwirtschaftliche Endprodukt, d. h. wie groß ist der Anteil der Instandhaltungskosten für die Produktion einer dt Getreide, Kartoffeln oder Rüben (Bild 6);
- c) Instandhaltungskosten eines Jahres, gemessen am Bruttowert der Technik in Prozent (Bild 7)

Eine reale Beurteilung der Kostenentwicklung erfordert, möglichst alle drei Bezugsbasen zu benutzen, da anderenfalls Ertragsschwankungen, der Kauf sehr teurer Aggregate u. a. das Bild leicht verzerren können.

(Fortsetzung folgt)

A 8458

Dr.-Ing. H. WOHLLEBE, KDT*

Rauchdichtemessung an Dieselmotoren von Traktoren und Lastkraftwagen

Die auf unseren Straßen immer stärker werdende Verkehrsdichte zwingt aufgrund der damit verbundenen zunehmenden Verschmutzung der Luft durch die Abgase der Verbrennungsmotoren zu wirksamen gesetzlichen Gegenmaßnahmen.

Während sich die gesetzlichen Maßnahmen bei Ottomotoren in erster Linie gegen die in den Abgasen enthaltenen und für den menschlichen Organismus gesundheitsschädlichen Bestandteile, wie Kohlenmonoxid, Stickoxide, Bleiverbindungen u. dgl., richten, kommt es bei Dieselmotoren vor allem darauf an, die Trübung der Abgase, die hauptsächlich durch Ruß hervorgerufen wird, zu beschränken. Außer einer gesundheitsgefährdenden Wirkung durch stark rauchende Dieselmotoren (krebsfördernde Wirkung) tritt eine Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit infolge Sichtverminderung und nachlassender Reaktionsfähigkeit durch die Geruchsbelästigung ein.

Die Trübung der Abgase von Dieselmotoren kann durch eine Messung der Rauchdichte beurteilt werden.

Unter dem Begriff „Rauchdichte“ wird der Gehalt der Abgase von Dieselmotoren an Ruß und anderen festen oder flüssigen Bestandteilen verstanden /1/. Als Maßeinheit für die so definierte Rauchdichte ergibt sich damit „mg Ruß je m³ Abgas, umgerechnet auf Normzustand“.

Die Rauchdichtemessung besitzt aber auch für die Diagnostik der Kraftstoffeinspritzanlage, des Luftfilters und der Zylinder-Kolben-Gruppe von Dieselmotoren Bedeutung.

Verschleiß und fehlerhafte Funktion der Kraftstoffeinspritzanlage, starke Verschmutzung des Luftfilters sowie extreme Abnutzung der Zylinder-Kolben-Gruppe führen zu einer Erhöhung der Rauchdichte eines Dieselmotors. Der Meßwert „Rauchdichte“ stellt somit eine Kenngröße für eine Komplexbewertung des Zustands eines Dieselmotors und seiner Zusatzaggregate dar.

Da im Zusammenhang mit dem Landeskulturgesetz der DDR seit dem 1. Januar 1971 aus lufthygienischen Gründen die Begrenzung der Rauchdichte von Dieselmotoren in einem DDR-Standard /1/ verbindlich geregelt ist, soll die damit verbundene Problematik im folgenden etwas näher behandelt werden.

1. Gemischbildung im Dieselmotor

Während beim Ottomotor die Vermischung des Kraftstoffes mit der für die Verbrennung notwendigen Luft außerhalb des Zylinderraumes durchgeführt wird, erfolgt dieser Vorgang beim Dieselmotor im Zylinder am Ende des Verdichtungsstaktes.

Für diesen Mischungsprozeß steht beim Dieselmotor nur eine sehr kurze Zeit zur Verfügung. Es kommt deshalb darauf an, während dieser kurzen, von der Motordrehzahl abhängigen Zeit eine innige Vermischung des eingespritzten Dieselmotorkraftstoffes mit der im Zylinderraum verdichteten Luft zu erreichen.

Das Hauptaugenmerk der Motorenkonstruktoren richtete sich aus diesem Grund in den vergangenen Jahren u. a. darauf, durch zweckmäßige Gestaltung des Verbrennungsraums des Dieselmotors und durch andere konstruktive Maßnahmen diesen Mischvorgang günstig zu beeinflussen. Dabei wurde insbesondere versucht, im Zylinderraum Luftwirbel zu erzeugen.

Um zu erreichen, daß in der kurzen Zeitspanne zwischen Einspritzbeginn und Beginn der Verbrennung möglichst der gesamte eingespritzte Kraftstoff eine für die Verbrennung ausreichende Luftmenge vorfindet (für die vollkommene Verbrennung von 1 dm³ Dieselmotorkraftstoff werden etwa 9 700 dm³ Luft benötigt), werden alle Dieselmotoren mit einem sogenannten Luftüberschuß betrieben. Das bedeutet, daß der in den Zylinderraum eingespritzte Kraftstoffmenge je nach der Gemischbildungsfähigkeit des Motors eine größere Luftmenge zur Verfügung stehen muß, als theoretisch

* Ingenieurbüro für Rationalisierung beim Bezirkskomitee für Landtechnik Dresden

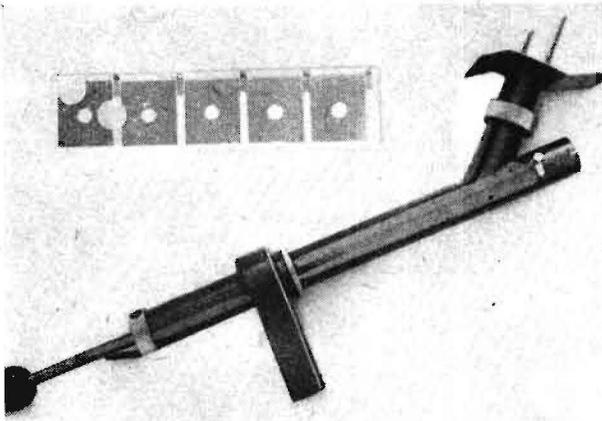


Bild 1. Rauchdichtemeßgerät (Filtrationsprinzip) mit Grautonskala aus der CSSR

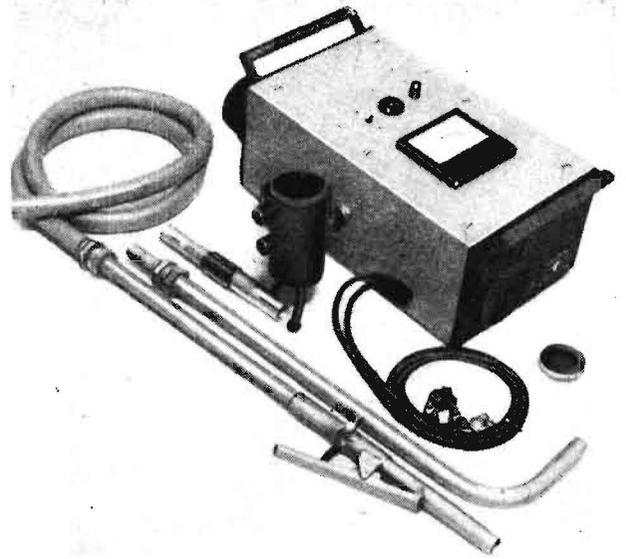


Bild 2. Rauchdichtemeßgerät RDM-4 mit Zubehör [7]

für die vollkommene Verbrennung dieser Kraftstoffmenge notwendig ist.

Die Größe des Luftüberschusses hängt vor allem von dem Einspritzverfahren des betreffenden Motortyps (Wirbelkammer-, Luftspeicher-, Vorkammer- oder Direkteinspritzverfahren) und von einigen weiteren konstruktiven Einzelheiten ab.

Je nach dem vorliegenden Einspritzverfahren beträgt der zur möglichst vollkommenen Verbrennung erforderliche Luftüberschuß bei Vollast (maximale Einspritzmenge) etwa 10 bis 60 Prozent; d. h., der eingespritzten Kraftstoffmenge muß etwa das 1,1- bis 1,6fache der theoretisch notwendigen Luftmenge zur Verfügung stehen (die niedrigen Luftüberschußwerte erreichen Motoren mit Direkteinspritzung, die nach dem M-Verfahren [2] arbeiten).

Durch den Luftüberschuß, der bei den verschiedenen Einspritzverfahren durch das Blockieren der Einspritzpumpenregelstange für Vollförderung vorgegeben werden kann, wird zusammen mit einem entsprechend ausgelegten Kraftstoffeinspritzsystem gewährleistet, daß trotz der kurzen Zeiträume für die Gemischbildung eine vollkommene Verbrennung, d. h. rauchfreier Motorenbetrieb, auftritt.

2. Entstehung von Ruß bei der Verbrennung im Dieselmotor

Sind bei einem Motor aus irgendeinem Grund die für eine vollkommene Verbrennung erforderlichen Bedingungen nicht mehr vorhanden, dann kommt es zur Rußbildung.

Ruß (das ist feiner Kohlenstoff) entsteht bei der motorischen Verbrennung immer dann, wenn während der Verbrennungsphase im Zylinderraum noch Kraftstoff vorhanden ist, der noch nicht mit Luft vermischt ist [3]. Aufgrund der hohen Temperaturen zerfällt dieser Kraftstoff, und es kommt zu einer Polymerisation der Zerfallsprodukte und zu einer teilweisen Verbrennung. Durch die Polymerisation (Zusammenlagerung von Molekülen zu Makromolekülen) ist eine Verbrennung wegen der Größe der Kraftstoffmoleküle nicht mehr möglich. Die so entstandenen Kohlenstoffteilchen werden deshalb als schwarzer Ruß im Abgas des Dieselmotors sichtbar.

Um eine Rußbildung und damit eine Abgastrübung zu vermeiden, muß verhindert werden, daß am Beginn der Verbrennung im Zylinder noch unvermischter Kraftstoff vorhanden ist. Dieser Zustand kann eintreten durch:

- fehlerhafte Einspritzung (Nachtropfen der Düse, zu niedriger Einspritzdruck, Verstopfen von Löchern bei Mehrlochdüsen)

- Verstellung der Blockierung der Regelstange der Einspritzpumpe (dadurch entsprechend der angesaugten Luftmenge zu große Einspritzmenge)
- Defekte am Regler (zu große Einspritzmenge)
- übermäßige Verschmutzung des Luftfilters (Verminderung der angesaugten Luftmenge und damit Verringerung des Luftüberschusses)
- Verschleiß an den Elementen der Einspritzpumpe (Verminderung des Förderdruckes und dadurch Verschlechterung der Einspritzung)
- starke Abnutzung der Zylinder-Kolben-Gruppe, festgebrannte Kolbenringe oder durchgebrannte Ventile (dadurch hohe Luftverluste bei der Verdichtung und damit Verminderung des Luftüberschusses)

Falls während des Motorbetriebs dieser oder jener vorgenannte Zustand eintritt, so wird sich das in der Abgastrübung des Motors bemerkbar machen. Die Rauchdichte eines Dieselmotors stellt demnach eine komplexe Kenngröße dar und ist zur Komplexdiagnostik eines Dieselmotors geeignet [4]. Wird der zulässige Rauchdichtewert überschritten, dann muß mit Hilfe spezieller Prüfverfahren nach dem Fehler gesucht werden (Tiefendiagnostik) [4].

3. Rauchdichteprüfmethoden

Aus den vorangegangenen Betrachtungen wird deutlich, daß die Rauchdichtemessungen jeweils die Ermittlung des maximalen Rußgehalts im Abgas des Dieselmotors zum Ziel haben müssen. Diese Rauchdichte-Maximalwerte treten bei Vollast des Motors auf (maximale Einspritzmenge), so daß die Messungen bei diesem Betriebszustand erfolgen müssen.

Der Vollastzustand des Motors zur Messung der Rauchdichte kann auf verschiedene Weise erreicht werden:

- Abbremsung des Motors auf einem Motorprüfstand
- Beschleunigung des Fahrzeugs auf einem Rollenprüfstand
- Beschleunigung aller translatorisch bewegten und rotierenden Massen des Motors sowie der Zusatzaggregate bei eingeletem Getriebe-Leergang durch plötzliches „Vollgasgeben“ (dabei wird die gesamte Motorleistung zum Beschleunigen der bewegten Massen benötigt)

Da die erste der drei genannten Möglichkeiten einen Vollastbetrieb bei konstanten Motordrehzahlen ermöglicht, wird sie als Beharrungsmethode bezeichnet; im Gegensatz zu den beiden anderen angeführten Möglichkeiten, die man Beschleunigungsmethode nennt [1].

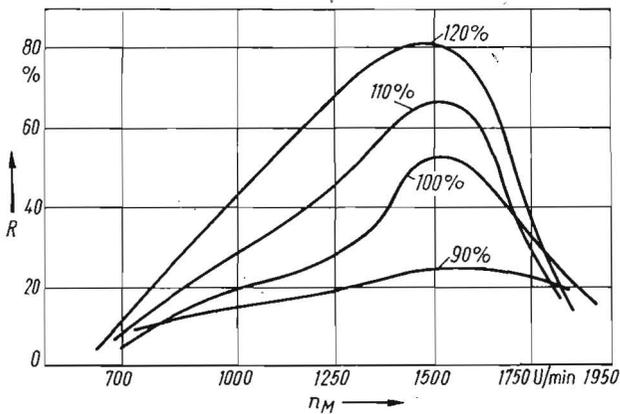
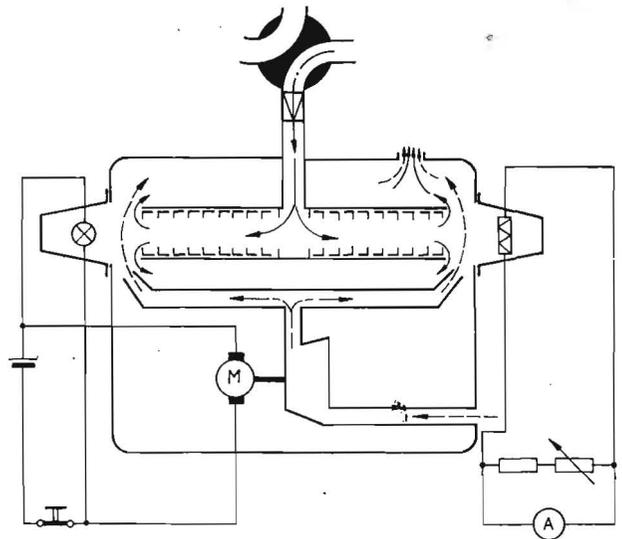


Bild 3. Abhängigkeit der Rauchdichte von der Motordrehzahl bei der Beschleunigungsmethode (Einspritzmenge 90, 100, 110, 120 %) /8/

Bild 4. Schema des Rauchdichtemeßgerätes RDM-4. ———→ Abgas-
teilstrom, - - - - -→ Spülluftstrom



Es ist zu fordern, daß die gemessenen Rauchdichtewerte für die einzelnen Prüfmethoden nach Möglichkeit übereinstimmen, mindestens aber in einem konstanten und noch vertretbaren Verhältnis voneinander abweichen. Dabei wird das verwendete Meßgerät, insbesondere dessen Anzeigeträgheit, mit eine Rolle spielen /5/.

Die Beharrungsmethode wird im allgemeinen zur Rauchdichtemessung an Mustermotoren, Serienmotoren und grundüberholten Motoren in den Hersteller- und Instandsetzwerken angewendet.

Betriebsprüfungen von Motoren im eingebauten Zustand erfolgen nach einer der Beschleunigungsmethoden, wobei größtenteils das Verfahren der Motorbeschleunigung bei eingeletem Getriebe-Leergang angewendet wird.

Für die Messung der Rauchdichte sind an die Ausrüstung und den Wärmezustand der Motoren bestimmte Forderungen zu stellen, die in einem Standard fixiert werden /1/.

4. Rauchdichtemeßgeräte

Die für die Messung der Rauchdichte auf dem internationalen Markt angebotenen Geräte messen den Rußgehalt des Abgases auf indirektem Wege. Sie arbeiten entweder nach dem Filtrations- oder nach dem Durchleuchtungsverfahren /6/.

Bei den nach dem Filtrationsverfahren arbeitenden Meßgeräten wird eine definierte Abgasmenge des Dieselmotors durch Filterpapier hindurchgesaugt oder -gedrückt. Dabei setzt sich der im Abgas enthaltene Ruß in dem Filterpapier ab.

Die Schwärzung des Filterpapiers ist ein Maß für die Rauchdichte des geprüften Dieselmotors. Die Bewertung der Schwärzung des Filterpapiers erfolgt entweder durch augenscheinlichen Vergleich mit einer Grautonfarbskala oder mit Hilfe einer zusätzlichen Fotometriereinrichtung auf fotoelektrischem Wege.

Bild 1 zeigt ein sehr einfaches und handliches tschechisches Rauchdichtemeßgerät, das nach dem Filtrationsverfahren arbeitet.

Bei dem Durchleuchtungsverfahren wird eine bestimmte Abgasmenge von einer im Meßgerät befindlichen Lichtquelle durchleuchtet. Dabei absorbieren die im Abgas enthaltenen Rußteilchen einen entsprechenden Teil des Lichtes.

Das durch das Abgas hindurchtretende Licht trifft auf ein Fotoelement, in dem ein analoger fotoelektrischer Strom entsteht, der mit einem Mikroamperemeter gemessen wird. Der Meßwert gibt die Größe der Lichtabsorption in Prozent an, wobei definitionsgemäß die Lichtabsorption von reiner Luft einer Rauchdichte von 0 Prozent entspricht.

Im Bild 2 ist das nach dem Durchleuchtungsverfahren arbeitende und in der DDR hergestellte Rauchdichtemeßgerät RDM-4 dargestellt /7/.

Die nach dem Filtrationsprinzip arbeitenden Geräte sind leichter, in ihren Abmessungen kleiner, störungsempfindlicher und billiger. Als entscheidender Nachteil ist jedoch zu vermerken, daß sie keine kontinuierlichen Meßwerte liefern, sondern aufgrund des verwendeten Meßprinzips periodisch arbeiten.

Da die Rauchdichtemessungen im Rahmen von Betriebsprüfungen nach der Beschleunigungsmethode durchgeführt werden und die Forderung besteht, während der kurzen Beschleunigungszeit des Motors das Rauchdichtemaximum zu ermitteln, muß der Rauchdichteverlauf während der Drehzahlerhöhung verfolgt werden können.

Im Bild 3 ist der Rauchdichteverlauf eines Motors während der Drehzahlerhöhung bei Anwendung der Beschleunigungsmethode für verschiedene Einspritzmengen dargestellt /8/. Die genaue Ermittlung des deutlich erkennbaren Rauchdichte-Maximalwertes bei Anwendung der Beschleunigungsmethode ist mit Geräten, die nach dem Filtrationsverfahren arbeiten, nicht möglich, da sie den Rauchdichteverlauf nicht kontinuierlich messen, sondern nur einen Meßwert liefern, der aus einer während des Beschleunigungsvorganges zu einem willkürlich festgelegten Zeitpunkt entnommenen Teilabgasmenge resultiert. Aus diesem Grunde ist den Meßgeräten, die nach dem Durchleuchtungsverfahren arbeiten, für die nach der Beschleunigungsmethode durchgeführten Betriebsprüfungen der Vorzug zu geben.

5. Rauchdichtemeßgerät RDM-4

Das in der DDR für Rauchdichtemessungen verwendete Meßgerät RDM-4 wird vom VEB Spezialfahrzeugwerk Berlin hergestellt und arbeitet nach dem Durchleuchtungsverfahren.

Aufbau und Arbeitsweise des Meßgeräts sind aus Bild 4 zu erkennen. Das Meßgerät wird durch eine Sondenleitung mit dem Abgassystem des Fahrzeuges so verbunden, daß dem Meßgerät jeweils nur ein Abgasteilstrom zugeführt wird. Der Abgasteilstrom gelangt bei entsprechender Schaltung eines Umschaltventils in das Meßrohr des Gerätes und wird von einer Lichtquelle durchleuchtet. Der nicht absorbierte Lichtanteil wird mit Hilfe einer Fozelle in einen Fotostrom umgewandelt, der an dem Mikroamperemeter als Rauchdichte in Prozent angezeigt wird.

Ein in dem Umschaltventil eingebautes Ventil sorgt für einen gleichbleibenden Eintrittsdruck des Abgases.

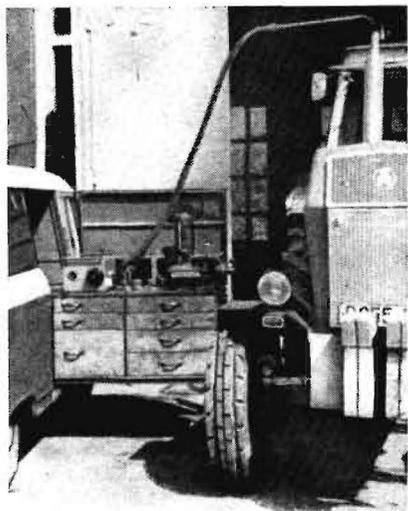


Bild 5. Anwendung des Rauchdichtemeßgerätes RDM-4

Außerdem befindet sich im Meßgerät ein durch einen Elektromotor angetriebenes Gebläse, das aus der Umgebung Luft ansaugt und sie an den Enden des Meßrohrs vorbeidrückt.

Die Spülluft hat die Aufgabe, Lichtquelle und Fotozelle vor Verschmutzung zu schützen und zu kühlen.

Vor Beginn der Rauchdichtemessung wird das Umschaltventil so geschaltet, daß keine Abgase des Motors in das Meßrohr gelangen. Dabei strömt die vom Gebläse geförderte Luft durch das Meßrohr, und die Nullpunkteinstellung des Meßgerätes kann durchgeführt werden. Das bei diesem Betriebszustand durch das Meßrohr hindurchtretende Licht bringt das Mikroamperemeter zum Vollausschlag, was definitionsgemäß einer Rauchdichte von 0 Prozent entspricht. Geringe Abweichungen vom Nullpunkt kann man mit Hilfe eines Drahtdrehwiderstands korrigieren.

Diese Nullpunkteinstellung ist vor jeder Prüfung an einem Fahrzeug durchzuführen. Außerdem sollte das Meßsystem täglich mit einem Vergleichsfilter, der zwischen Lichtquelle und Fotozelle gebracht wird und eine Trübung von 50 Prozent besitzt, geprüft werden.

Das Meßgerät wird durch einen 12-V-Akkumulator gespeist.

6. Durchführung der Rauchdichtemessungen

Es ist vorgesehen, die Rauchdichtemessungen an Traktoren und Lkw im Bereich der Landwirtschaft künftig von den Traktorenprüfdienstgruppen des Landtechnischen Dienstes der Kreisbetriebe für Landtechnik durchführen zu lassen.

Das Rauchdichtemeßgerät wird im Prüffahrzeug der Prüfgruppen mitgeführt, wobei in diesem Fall ein zusätzlicher 12-V-Akkumulator zur Speisung des Meßgerätes nicht notwendig ist, da für diesen Zweck der Akkumulator des Fahrzeuges benutzt werden kann.

Im Bild 5 wird die Anwendung des Rauchdichtemeßgerätes RDM-4 an einem Traktor ZT 300 gezeigt. Die Anschlußsonde des Meßgerätes wird gerade und zentral in das Auspuffrohr des Fahrzeuges gesteckt und mit einer Klemme befestigt. Nach der Nullpunkteinstellung am Meßgerät erfolgen die Messungen nach der Beschleunigungsmethode. Bei jedem zu prüfenden Motor sind 10 Messungen in schneller Folge hintereinander durchzuführen.

Während die ersten 5 Messungen für eine ausreichende Durchspülung des Meßgerätes mit Abgasen sorgen sollen, dienen die letzten 5 Messungen der Bestimmung der Rauchdichte, indem jeweils der maximale Zeigerausschlag abgelesen und aus den Meßwerten der Durchschnittswert errechnet wird.

Der Motor soll während der Messungen eine Betriebstemperatur von 50 bis 80 °C aufweisen.

7. Auswertung der Meßergebnisse

Der für einen Motor ermittelte Rauchdichtewert wird mit den zulässigen Rauchdichtewerten verglichen.

Diese sind in /A/ einheitlich für alle Motorentypen wie folgt festgelegt:

fabrikneuer oder grundüberholter	
Motor innerhalb der Garantiezeit	bis 55 %
Motor außerhalb der Garantiezeit	bis 70 %

Liegt der gemessene Rauchdichtewert für einen Motor über den vorgenannten zulässigen Werten, dann ist mit Hilfe spezieller Prüfverfahren zu ermitteln, an welcher der die Rauchdichte beeinflussenden Funktionsgruppen ein Fehler vorliegt (s. Abschnitt 2.).

Sind irgendwelche Einstell- oder Instandsetzungsmaßnahmen (Austausch einer Düse) erfolgt, dann ist die Rauchdichte des Motors nochmals zu messen.

Es empfiehlt sich, nach der generellen Einführung der Rauchdichtemessung bei den Traktorenprüfdienstgruppen jedem Fahrzeugführer einen Beleg über die Rauchdichtemessung an seinem Fahrzeug auszuhändigen.

8. Schlußbemerkungen

Durch die generelle Einführung der Rauchdichtemessung an Traktoren und Lkw in der Landwirtschaft wird ein wirksamer Beitrag im Bemühen um die Reinhaltung der Luft und die Erhöhung der Sicherheit im Straßenverkehr geleistet.

Die Bedeutung der Rauchdichtemessung wird noch erhöht durch die Möglichkeit ihrer Verwendung zur Komplexdiagnostik von Dieselmotoren.

Da die Anwendung des Rauchdichtemeßgerätes RDM-4 keinen großen Zeitaufwand erfordert, kann die Messung im Sinne einer Schnellprüfung verhältnismäßig oft erfolgen. Dadurch ist es möglich, vorhandene Fehler rechtzeitig zu erkennen und zu beseitigen, so daß ein wirtschaftlicher Motorbetrieb gewährleistet wird.

Durch die Rauchdichtemessung läßt sich außerdem eindeutig feststellen, ob von den Traktor- oder Lkw-Fahrern Verstärkungen an der Kraftstoffeinspritzpumpe durchgeführt wurden. Die Einsatzprüfung des Rauchdichtemeßgerätes RDM-4 im Bereich der Landwirtschaft hat ergeben, daß verhältnismäßig viele Traktoren und Lkw mit unzulässig hohen Rauchdichtewerten arbeiten.

Die Einführung der Rauchdichtemessung bringt nicht nur Vorteile für den Maschinennutzer, sondern besitzt aufgrund der eingeschränkten Luftverunreinigung und der erhöhten Sicherheit im Straßenverkehr allgemeine volkswirtschaftliche Bedeutung.

Literatur

- /1/ TGL 22 934: Rauchdichtemessung an Kraftfahrzeugmotoren
- /2/ MEISSNER, F.: Der Meurer-Motor. Kraftfahrzeugtechnik (1966) H. 5, S. 168 und 187
- /3/ MEURER, S.: Der Wandel in der Vorstellung vom Ablauf der Gemischbildung und Verbrennung im Dieselmotor. MTZ 27 (1966) H. 4, S. 131 bis 139
- /4/ WOHLLEBE, H.: Stand und Entwicklung der Technischen Diagnostik. Deutsche Agrartechnik 20 (1970) H. 9, S. 406 bis 409
- /5/ SACHSE, I.: Einheitliche Bewertung und Begrenzung der Rauchdichte von Fahrzeug-Dieselmotoren. Kraftfahrzeugtechnik (1967) H. 11, S. 326 bis 329
- /6/ SACHSE, I.: Rauchdichte-Meßgeräte für Dieselmotoren. Kraftfahrzeugtechnik (1964) H. 9, S. 324 bis 329
- /7/ Prospekt: Rauchdichtemeßgerät RDM-4. VEB Spezialfahrzeugwerk Berlin, Direktionsbereich Prüfanlagenbau
- /8/ MALSCHAERT, F. P.: Belgische Versuche zur Messung der Rauchdichte der Abgase von Fahrzeugdieselmotoren. ATZ (1963) H. 3, S. 63 bis 73